

LIBRERÍA PARA PROCESAMIENTO DE SEÑALES EEG

MANUAL DE USUARIO



Versión 1- Abril 2019
Verónica Martínez Cadavid
Manuela Suaza Diaz

TABLA DE CONTENIDO

-
- | | |
|----|--|
| 1 | OBJETIVOS |
| 2 | REQUERIMIENTOS TÉCNICOS
PARA EL USO |
| 5 | MARCO TEÓRICO
<i>EEG, ELECTRODOS, ARTEFACTOS COMUNES EEG,
MÉTODOS DE ÉPOCAS ATÍPICAS.</i> |
| 6 | ESTRATEGIA DE SOLUCIÓN DEL
PROBLEMA
<i>PROBLEMA, ESTRATEGIA DE SOLUCIÓN,
JUSTIFICACIÓN.</i> |
| 7 | INGRESO A LA APLICACIÓN |
| 8 | SELECCIÓN DE SEÑAL Y
FRECUENCIA DE MUESTREO
<i>Graficar señal original/ Graficar señal filtrada.</i> |
| 12 | UMBRAL / TENDENCIA LINEAL/
IMPROBABILIDAD/ ESPECTRO |
| 13 | MANUAL DE USUARIO |
| 17 | ESTRATEGIAS DE PROCESAMIENTO
Y ANÁLISIS |
| 18 | SERÁ POSIBLE OBTENER SEÑAL
NEURONAL DE ESTOS REGISTROS? |
| 18 | REFERENCIAS |
-





OBJETIVOS

- Implementar una estrategia que permita extraer información neuronal de una señal EEG contaminada por ruido.
- Traducir formulas a programas Python.
- Construir una librería en Python que incluya algoritmos de detección de épocas atípicas.
- Proponer tres estrategias de preprocesamiento, introduciendo y sustentando diferentes pasos y su orden de aplicación.

REQUERIMIENTOS TÉCNICOS PARA EL USO

PROGRAMAS

- Python
- QtDesigner

PAQUETES MODULOS Y LIBRERÍAS

- numpy
- matplotlib.pyplot (plt)
- PyQt5.QtWidgets(QApplication, QMainWindow, QDialog, QFileDialog, QMessageBox, QVBoxLayout, QAbstractItemView, QTableWidgetItem, QComboBox)
- PyQt5.uic (loadUi)
- PyQt5 (QtGui,QtCore,QtWidgets)
- scipy.signal import welch
- scipy.signal as signal
- scipy.stats (kurtosis)
- sys
- re
- LinearFIR
- threshold
- linear
- improbability
- spectral_pattern

MARCO TEÓRICO



Al realizar el preprocesamiento de señales electroencefalográficas (EEG) se busca obtener una señal limpia con la menor pérdida de información relevante. Para esto se cuenta con diversas herramientas que ofrecen múltiples opciones para realizar el procesamiento del EEG.

ELECTROENCEFALOGRAFÍA(EEG)

Es una técnica no invasiva que registra la actividad eléctrica del cerebro mediante electrodos sobre el cuero cabelludo para detectar y registrar patrones de actividad eléctrica y verificar la presencia de anomalías.

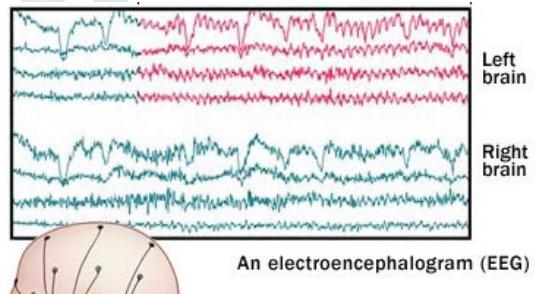


Figura 1. Actividad cerebral registrada por electroencefalograma [1].

ELECTRODOS

El acoplamiento piel-electrodo constituye la etapa más crítica en el registro de señales con electrodos de superficie porque la toma de la señal siempre variará en el tiempo y un mal acoplamiento ocasiona medidas poco confiables.



Figura 2. Registro con electrodos [2].

ARTEFACTOS COMUNES EEG

PARPADEOS

Para su rechazo normalmente se establece un umbral, sin embargo cuando hay variaciones de la línea de base puede que el artefacto no sea detectado, otra forma es hacer una medición del voltaje pico a pico.

MOVIMIENTOS DE LOS OJOS

Suele desaparecer con el filtro pasa-bajas.

POTENCIALES EN LA PIEL

Existente un bajo voltaje entre las capas de la piel, este varía con los cambios de resistencia y normalmente se modifica al reducir la impedancia de la piel antes del registro, ya que a mayor impedancia inicial mayor efecto del sudor, para esto se suele implementar un filtro pasa-altas.

ACTIVIDAD MUSCULAR

Puede darse por la contracción de músculos frontales, por ejemplo, al apretar la mandíbula. Este tipo de artefacto puede ser detectado fácilmente por su duración, morfología y velocidad.

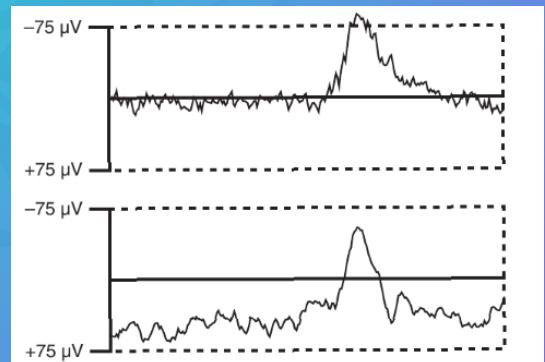


Figura 3. Rechazo de artefactos [3].

MÉTODOS DE DETECCIÓN DE ÉPOCAS ATÍPICAS

VALORES EXTREMOS

Método eficaz para detectar parpadeo de ojos o artefactos de movimiento, para su implementación se establece un umbral de referencia.

TENDENCIAS LINEALES

Las tendencias lineales marcadas en un electrodo normalmente indican desviaciones de corriente inducidas por el registro transitorio. Para detectar estas desviaciones, diseñamos una función que ajusta los datos a una línea recta y marca la prueba de rechazo si la pendiente supera un umbral determinado.

IMPROBABILIDAD

La mayoría de los artefactos tienen cursos de tiempo ‘inusuales’ y aparecen como eventos imprevistos transitorios, estos pueden ser identificados por sus estadísticas periféricas, aquí se realiza un análisis de curtosis para la detección de estos artefactos.

PATRÓN ESPECTRAL

Algunos artefactos de EEG tienen actividad específica y topografías del cuero cabelludo que son fácil de identificar en el dominio de la frecuencia, para detectar estos artefactos se implementa el método de Welch.

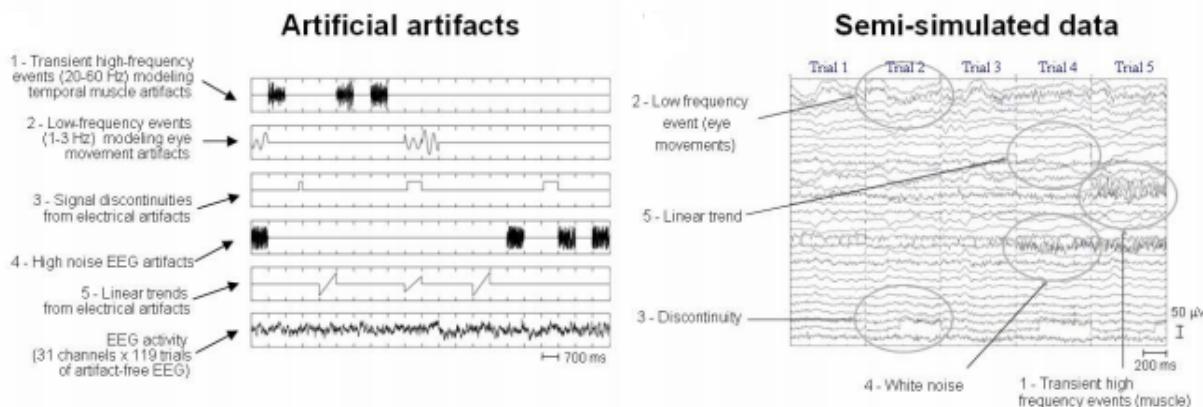


Figura 4. Tipos de artefactos introducidos en datos reales de EEG. [4].

PROBLEMA- ESTRATEGIA DE SOLUCIÓN- JUSTIFICACIÓN

PROBLEMA:

Se entregó un conjunto de señales cerebrales adquiridas con un equipo potable. Estas señales están contaminadas con los ruidos comunes por lo que se solicita proponer diferentes esquemas de procesamiento que permitan obtener la densidad espectral de potencia característica de la señal EEG .

ESTRATEGIA DE SOLUCIÓN:

En este trabajo se construyó una librería en Python que incluye algoritmos de detección de épocas atípicas. Además, se proponen tres diferentes estrategias de preprocesamiento de señales EEG. Para esto se crearon diversas funciones que permiten filtrar, extraer épocas, eliminar épocas malas y la visualización de las mismas.

Los métodos de detección de épocas atípicas implementados fueron: valores extremos, tendencias lineales, improbabilidad y patrón espectral.

JUSTIFICACIÓN:

Debido al efecto producido por el ruido y artefactos en las señales EEG, estas deben ser procesadas para realizar un correcto análisis y diagnóstico de patologías.



INGRESO A LA APLICACIÓN

Desde la carpeta suministrada con todos los archivos necesarios para el funcionamiento del programa seleccione 'Tarea2Senales', cuando entre al código debe poner a correr el programa, una vez hecho esto se activa la aplicación como se observa en la Figura 5.

Importante: esta aplicación ha sido desarrollada con Python y QtDesigner, por tanto para que funcione debe tener acceso a estos programas y las librerías mencionadas en 'Requerimientos técnicos para el uso'.



Figura 5. Inicio de la aplicación PROCESAMIENTO DE EEG.



SELECCIÓN DE LA SEÑAL Y LA FRECUENCIA DE MUESTREO

Seleccione 'Examinar' para buscar el archivo .txt que contenga el conjunto de señales cerebrales adquiridas con un equipo portable que requiere procesar, por ejemplo, 'P1_RAWEEG_2018-11-15_Electrobisturí1_3min' (Figura 6), luego ingrese la frecuencia de muestreo (Figura 7).

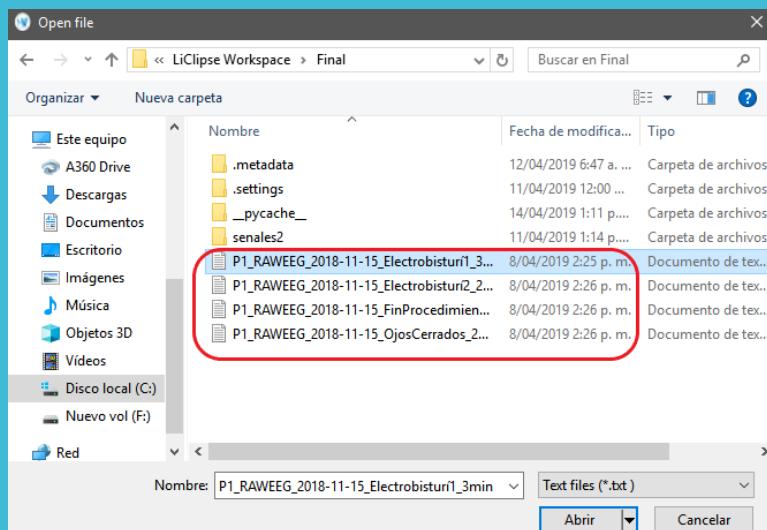


Figura 6. Selección del archivo que contiene la señal.

Realice estos dos pasos, de lo contrario no podrá tener acceso a la visualización de la señal original/filtrada y a su procesamiento .



Figura 7. Ingreso de la frecuencia de muestreo.

Seleccione 'Graficar original' si desea visualizar las señal original o 'Graficar filtrada' si quiere ver la señal filtrada (Figura 7) y se abrirán las respectivas ventanas con las señales (Figura 8).

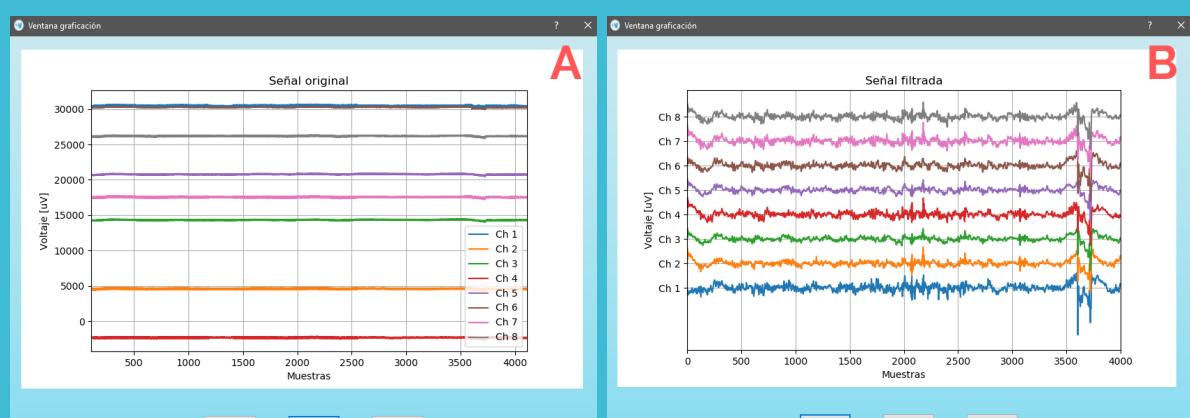


Figura 8. Visualización de la señal original (A) y de la señal filtrada (B).



UMBRAL

Seleccione el botón 'Umbbral' si desea visualizar la señal procesada con el método de detección de épocas atípicas 'valores extremos'. Se abrirá una ventana donde debe ingresar el valor mínimo y máximo (Figura 9), al seleccionar 'Aplicar' se abre una ventana emergente (Figura 10) con las épocas iniciales y las restantes. Ademas, se muestra la señal correspondiente a cada canal (Figura 11).

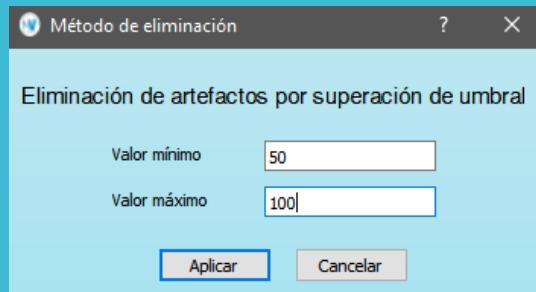


Figura 9. Ingreso de valores máximo y mínimo.

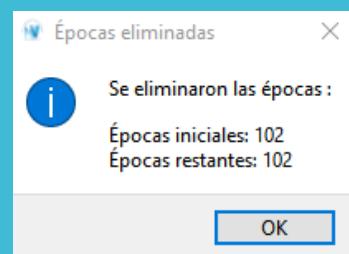


Figura 10. Ventana emergente con épocas iniciales y restantes .

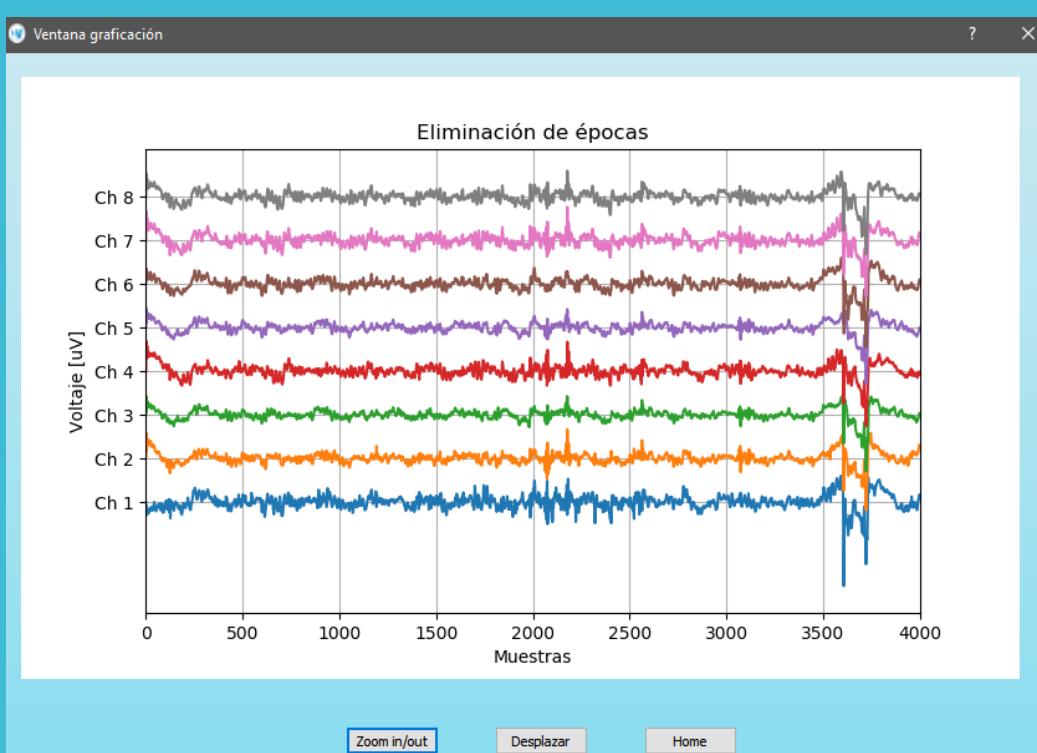
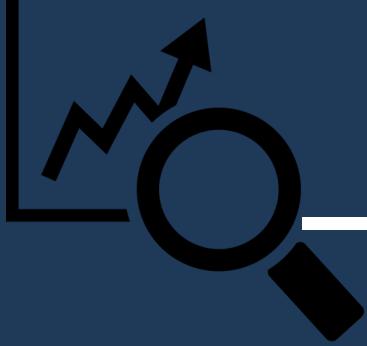


Figura 11. Procesamiento con el método de valores extremos.



TENDENCIA LINEAL



Haga clic en el botón 'Tendencia lineal' si desea visualizar la señal procesada con el método de detección de épocas atípicas 'tendencias lineales'. Se abrirá una ventana donde debe ingresar el valor máximo (Figura 12) y al darle clic en 'Aplicar' se abre una ventana emergente (Figura 13) con las épocas iniciales y las restantes. Ademas, se muestra la señal correspondiente a cada canal (Figura 14).

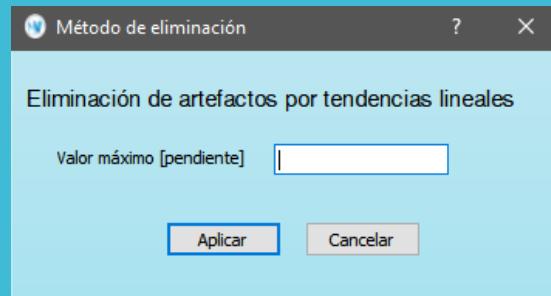


Figura 12. Ingreso de valor máximo (pendiente).

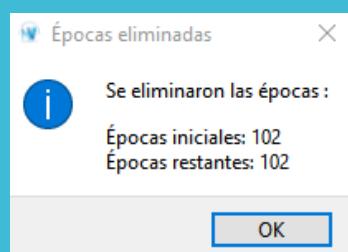


Figura 13. Ventana emergente con épocas iniciales y restantes .

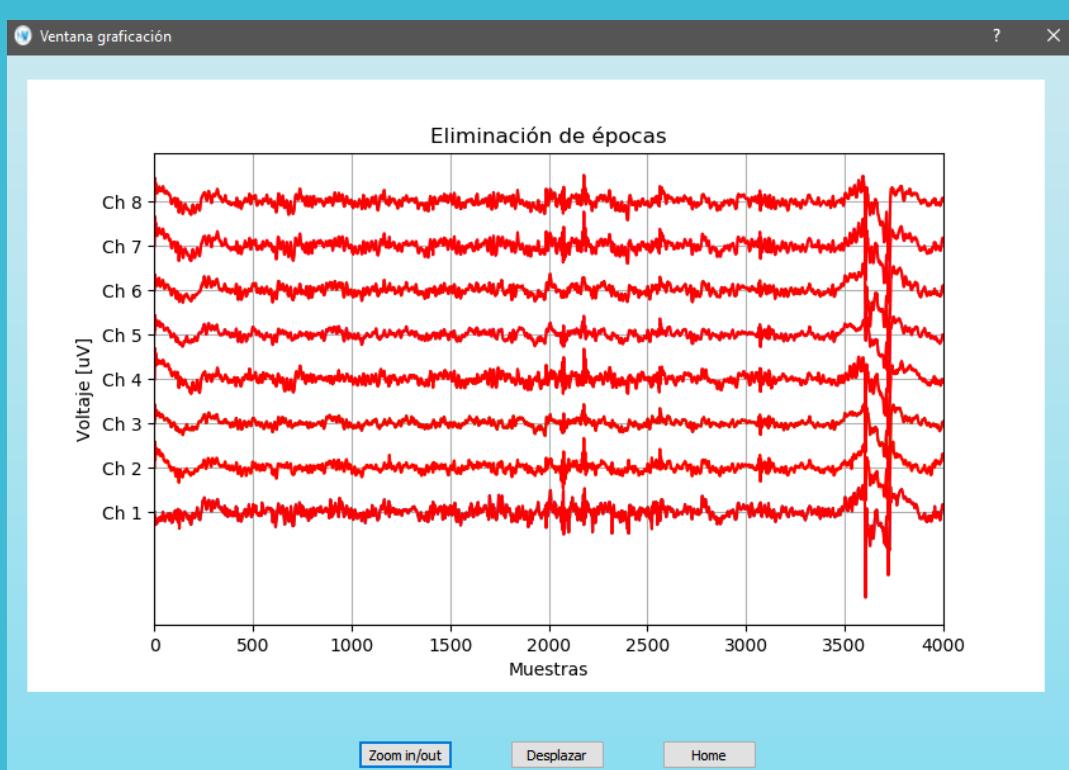


Figura 14. Procesamiento con el método de tendencias lineales.

IMPROBABILIDAD

Seleccione el botón 'Improbabilidad' si desea visualizar la señal procesada con el método de detección de épocas atípicas 'improbabilidad'. Se abrirá una ventana donde debe ingresar el valor máximo (Figura 15), al darle clic en 'Aplicar' se abrirá una ventana emergente (Figura 16) con las épocas iniciales y las restantes, luego podrá visualizar la señal de cada canal(Figura 17).

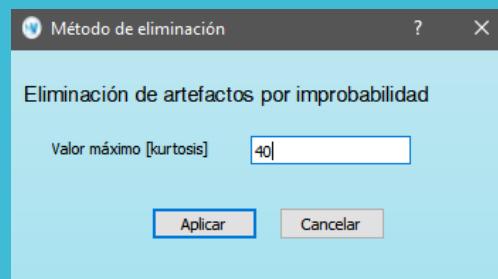


Figura 15. Ingreso de valor máximo (curtosis).

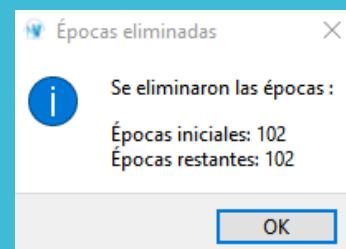


Figura 16. Ventana emergente con épocas iniciales y restantes .

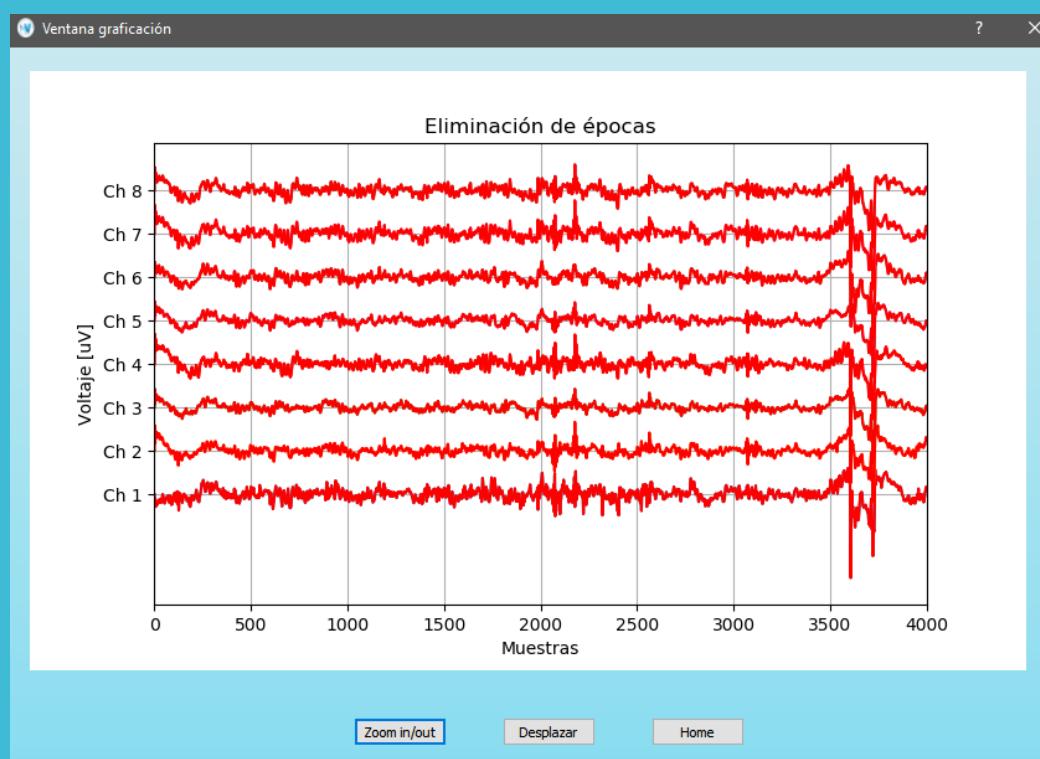


Figura 17. Procesamiento con el método de improbabilidad.



ESPECTRO

Seleccione el botón 'Espectro' si desea visualizar la señal procesada con el método de detección de épocas atípicas 'Patrón espectral'.

Se abrirá una ventana donde podrá visualizar el espectro de cada canal y debe ingresar el valor máximo (Figura 18). Al dar clic en 'Aplicar' se abre una ventana emergente (Figura 19) con las épocas iniciales, eliminadas y las restantes, luego podrá visualizar la señal de cada canal (Figura 20).

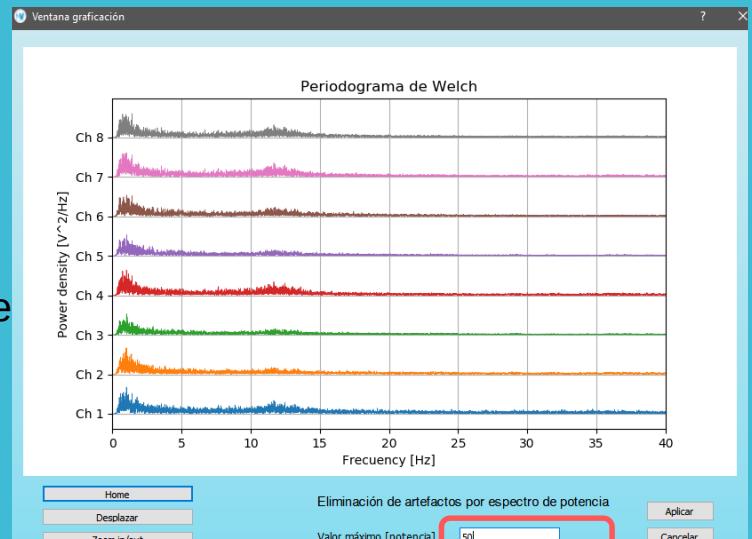


Figura 18. Ingreso de valor máximo.

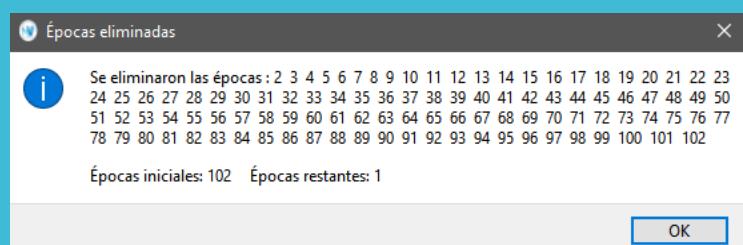


Figura 19. Ventana emergente con épocas iniciales, restantes y eliminadas .

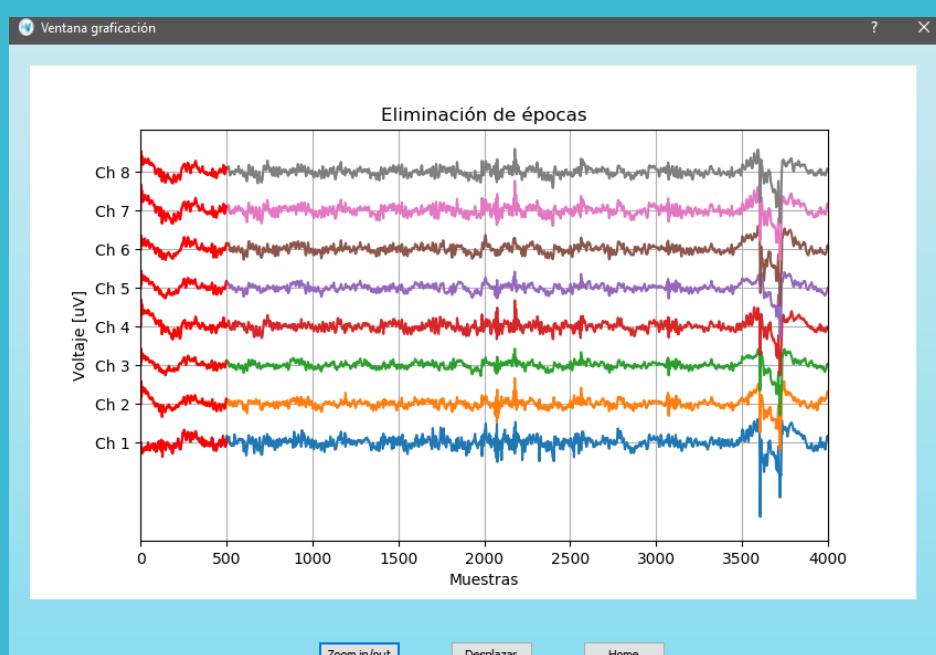


Figura 20. Procesamiento con el método de patrón espectral.



MANUAL DE USUARIO

Esta opción del menú permite ingresar de forma directa al manual de usuario con solo dar clic en el ícono (Figura 21).



Figura 21. Ingreso manual de usuario.

Al seleccionar la opción se abrirá un archivo pdf como en la Figura 22.

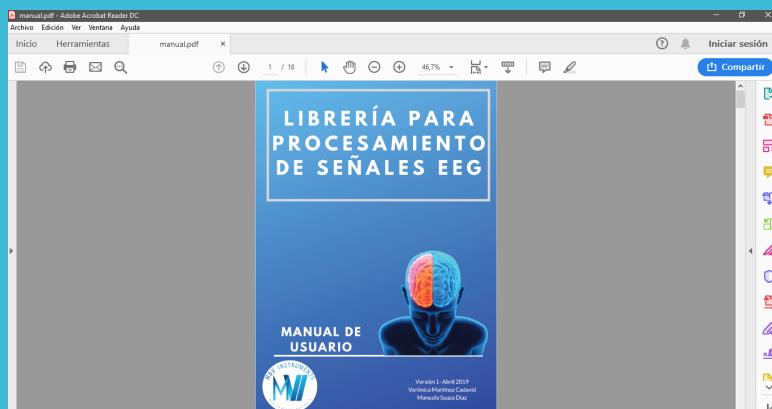


Figura 22. Pdf manual de usuario.

ESTRATEGIA DE PREPROCESAMIENTO¹

FILTRO FIR

Las ondas cerebrales vienen clasificadas según su frecuencia, por ejemplo en las ondas de interés para el estudio de los potenciales relacionados a eventos se usan frecuencias mayores a 0.5 Hz y menores que 30 Hz, además con este filtro se permiten excluir otras señales artefactuales, tales como las generadas por la red eléctrica. En esta estrategia se aplica un pasa altas a 1 Hz y un pasa bajas a 50 Hz.

ELIMINACIÓN DE ARTEFACTOS

Además de las señales EEG, otras señales del medio en donde se toman la electroencefalografía son captadas por los instrumentos de medida, haciendo que la señal a estudiar pueda presentar cambios que no permitan la correcta interpretación de estos.

SEGMENTACIÓN DE ÉPOCAS

La señal se divide en segmentos de igual duración, en este caso de 2 segundos cada época, siendo el instante 0 el momento que se presenta el evento correspondiente a la tarea que se esté realizando.

ELIMINACIÓN DE ÉPOCAS MALAS

Una vez se ha realizado la separación por épocas, es posible descartar aquellas donde la señal se encuentra muy distorsionada, ya sea por algún tipo de movimiento del sujeto a quien se le tomaba la muestra u otro factor, esto permite eliminar segmentos de la señal que distorsionan la salida real generada por los potenciales neuronales. En esta estrategia se propone el método de detección de valores extremo, pues es el más usado y arroja resultados esperados.



ESTRATEGIA DE PREPROCESAMIENTO²

FILTRO FIR

Pasabanda de 1 a 50 Hz.

ELIMINACIÓN DE ARTEFACTOS

ELIMINACIÓN DE ÉPOCAS MALAS

Método
de detección por
improbabilidad.

SEGMENTACIÓN DE ÉPOCAS

ESTRATEGIA DE PREPROCESAMIENTO³

FILTRO FIR

Herramienta
necesaria para mejorar la
relación señal-ruido. En
esta estrategia se
implementa un pasa altas
de 1 Hz y un pasa bajas de
50 Hz.

ELIMINACIÓN DE ARTEFACTOS

ELIMINACIÓN DE ÉPOCAS MALAS

Método de
detección del patrón
espectral.

SEGMENTACIÓN POR ÉPOCAS



ANÁLISIS DE LAS ESTRATEGIAS

En las señales EEG es común encontrar un ruido debido a la red eléctrica, este tiene asociado una frecuencia 60Hz. Cuando se hace un mal uso del filtrado, el aspecto de las señales puede cambiar totalmente y por tanto afectar los resultados, ya que se podría eliminar información valiosa cuando el filtro se implementa con parámetros no adecuados.

Es importante tener en cuenta que las señales EEG tienen frecuencias menores a 40 Hz, es por esto que se debe usar un filtro que elimine frecuencias por encima de 50 Hz, para asegurar la eliminación del ruido generado por la red eléctrica, ademas se debe implementar un filtro que elimine la componente DC en la señal y para esto se deben atenuar las frecuencias muy bajas. Es por esto que en las estrategias de preprocesamiento planteadas se proponen:

- Primero realizar un filtro pasaaltas de 1Hz y luego un pasabajas de 50Hz.
- Hacer uso de un filtro pasabandas de 1-50Hz.

Se recomienda implementar primero un filtro pasaaltas de 1Hz y luego un pasabajas de 50Hz, pues un pasabandas no se recomienda en la investigación de la señales biológicas poque puede llegar a generar inestabilidad en la señal y probablemente producir artefactos fuertes. En electrofisiología, los filtros pasabanda son usados para suprimir la línea entre (50/60 Hz) [5].



ANÁLISIS DE LAS ESTRATEGIAS

Por otra parte, los artefactos en la señales de EEG dificultan el análisis y por tanto el diagnóstico de enfermedades. Es por esto que existen varias técnicas para detectar épocas atípicas y para eliminar estas señales extracerebrales. Se parte la identificación de las componentes y los segmentos que representan artefactos para poder proceder a su eliminación.

La señal se divide en épocas y cada época incluye un evento. Es por esto que el tamaño de la época varía según las necesidades del análisis que se esté realizando.

Para la detección de épocas atípicas se recomiendan los métodos: valores extremos, patrón espectral e improbabilidad, sin embargo es importante tener en cuenta que escoger el método va ligado a la señal de estudio que se requiere analizar, por ejemplo, cuando la señal tiene picos anormales no es útil aplicar el método lineal o hacer la detección por patrones espectrales, en este caso se debe implementar el método de valores extremos.

Se encontró que el método de valores extremos es muy efectivo para detectar parpadeos o artefactos por movimiento ocular y el método de patrón espectral es útil usarlo porque algunos artefactos de EEG tienen actividades específicas asociadas que son fácil de identificar en el dominio de la frecuencia.

SERÁ POSIBLE OBTENER SEÑAL NEURONAL DE REGISTROS DE SEÑALES CONTAMINADOS POR EL EFECTO DEL CAMPO GENERADO POR EL ELECTROBISTURÍ?

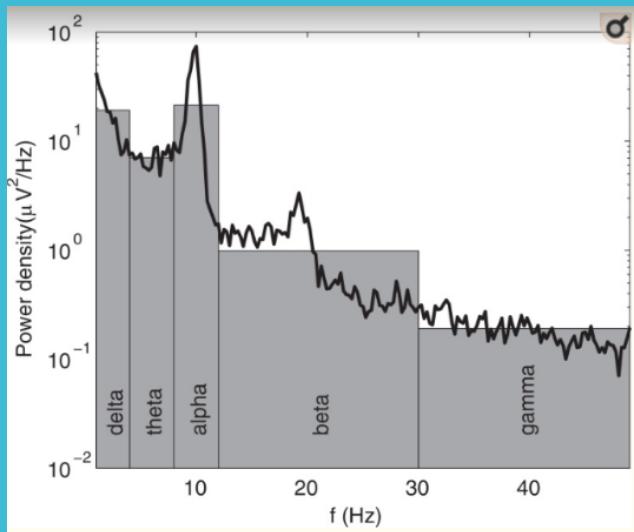


Figura 23. Espectro de EEG.

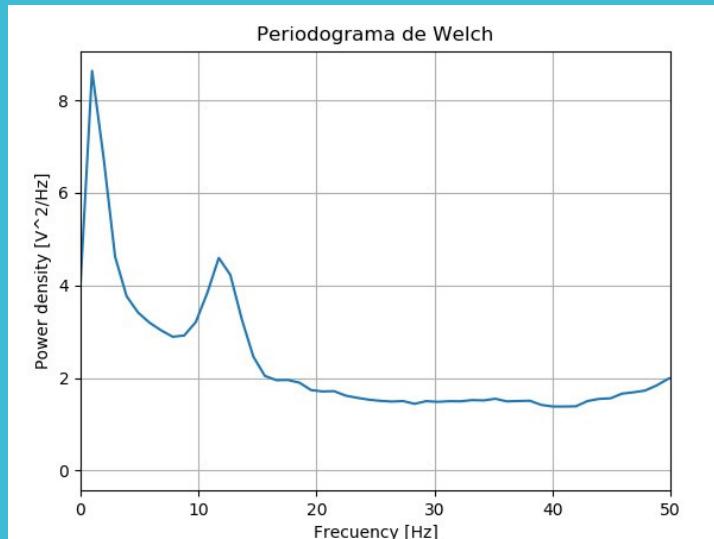


Figura 24. Espectro de EEG obtenido.

Se puede notar que el espectro del EEG teórico (Figura 23) tiene buena correlación con el espectro resultante del preprocesamiento (Figura 24) y por esto se puede decir que corresponde a señal neuronal y es posible obtenerla de registros de señales contaminados por el efecto del campo generado por el electrobisturí. Sin embargo, puede que se haya eliminado información importante ya que se debe tener en cuenta que hay un límite que establece la cantidad de épocas que se pueden eliminar, mediante este método se evita omitir información importante de la señal.

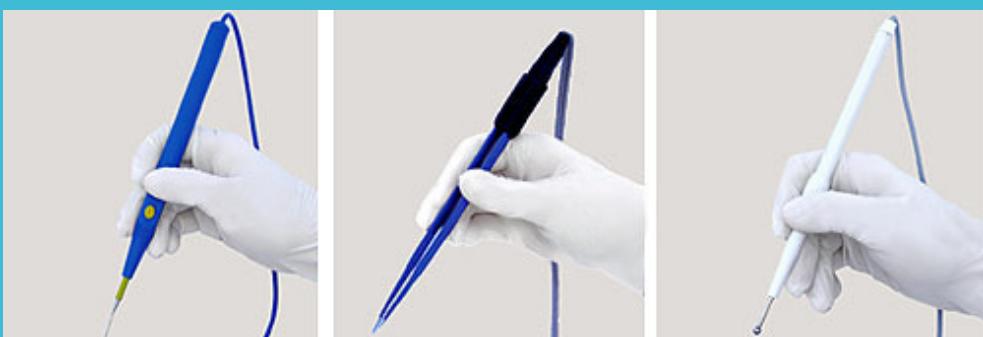
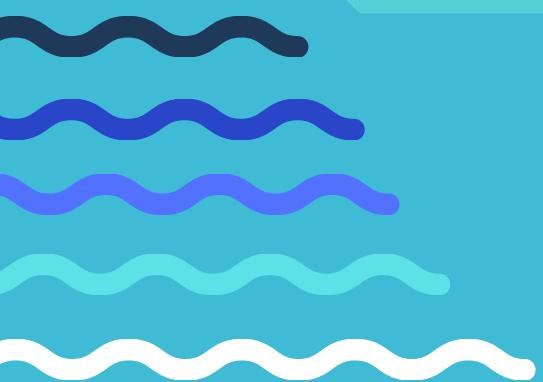


Figura 25 Electrobisturí [6].

REFERENCIAS

- [1] "Electroencefalografía (EEG)". [Online]. Available: <https://www.mayoclinic.org/es-es/tests-procedures/eeg/about/pac-20393875>. [Accessed: 13- Apr- 2019].
- [2] Pastor, "La estimulación cerebral casera ya es una realidad", Xataka, 2014. [Online]. Available: <https://www.xataka.com/energia/la-estimulacion-cerebral-casera-ya-es-una-realidad>. [Accessed: 13- Apr- 2019].
- [3] J.Ochoa. "Artefactos en EEG"
- [4] A. Delorme, T. Jung, T. Sejnowski and S. Makeig, "Improved rejection of artifacts from EEG data using high-order statistics and independent component analysis".
- [5] A. Widmann and E. Schröger, "Filter Effects and Filter Artifacts in the Analysis of Electrophysiological Data", Frontiers in Psychology. 2012.
- [6] "ELECTROBISTURÍ URO-400", Grupo InBio Tecnología para la salud. [Online]. Available: <http://web.inbio.com.ar/textocomp.asp?id=605>. [Accessed: 13- Apr- 2019].

